WELLCOME INSTITUTE LIBRARY
Coll. welMOmec
Call No. pam WE500 1901 R92p

Ruge, H.

Die physiologische Wirkung der Massage auf den Muskel

Arch. f. [Anat. u.] Phys., 1901

Physiologisches über Muskelmassage nebst einigen therapeutischen Bemerkungen

Zeit. f. Diät. u. Phys. Ther., 1902/1903.

Zur physiologischen Begründung der Massagewirkung beim Kalt- und Warmblüter

Deutsch. Med.-Ztg., 1904

KUGE

Edgar D Cyriax

Die physiologische Wirkung der Massage auf den Muskel.

Von

Dr. **Hans Ruge,**
Arzt im Bade Cudowa.

(Aus dem physiologischen Institute der Universität Berlin.)

(Hierzu Taf. XVI u. XVII.)

Separat-Abzug aus

Archiv für Anatomie und Physiologie.

Physiologische Abtheilung.

1901.

RUGE

WELLCOME INSTITUTE LIBRARY
Coll. welMOmec
Call No. pam WE500 1901 R92p

22500911993

WELLCOME LIBRARY INSTITUTE
303850
Gynaec 60.

Die physiologische Wirkung der Massage auf den Muskel.

Von

Dr. Hans Ruge,
Arzt im Bade Cudowa.

(Aus dem physiologischen Institute der Universität Berlin.)

(Hierzu Taf. XVI u. XVII.)

Die Massage, welche zusammen mit den verschiedenen Arten der Heilgymnastik und der Uebungstherapien die „Mechanotherapie“ im weiteren Sinne bildet, ist ein wichtiger Factor unter den ärztlichen Heilmethoden geworden.

Ein Rückblick auf die Geschichte der Massage zeigt, wie alt die manuelle Behandlung mittelst Drückens, Streichens, Knetens u. s. w. von kranken und gesunden Gliedern ist. Landerer[1] giebt in seinem Handbuch einen kurzen geschichtlichen Abriss derselben. Dort heisst es: „Die Chinesen besitzen schon seit undenklichen Zeiten ein wohl ausgebildetes mechanisches Heilsystem. Es ist im Cong-Fou (ca. 3000 v. Chr.) genau beschrieben. Noch heute blüht das mechanische Heilverfahren in China in eigenen Schulen.

„Auch die Indier zeigen sich — nach den Berichten des Ayur Veda, ebenso wie nach den Mittheilungen Strabo's u. A. — in Massage und ähnlichen Fertigkeiten schon seit langen Zeiten erfahren.

„Dass den Aegyptern derartige Behandlungsmethoden bekannt waren, geht aus Stellen im Herodot hervor.

„Von den Aegyptern mögen die Griechen, sowie der Orient diese Gebräuche übernommen haben. Bekanntlich wird noch heute in den Bädern des Orients die Massage regelmässig geübt. Eine grosse Bedeutung erlangten Gymnastik und Massage bei den Griechen.“

Hippokrates und Asklepiades empfehlen Massage-Proceduren. Dasselbe gilt bei den Römern.

Im dunklen Mittelalter scheint auch hiervon viel verloren gegangen und höchstens von Laien einiges Derartige betrieben worden zu sein. Wie in der Neuzeit die mechanische Behandlung besonders von Schweden aus durch Ling und Andere und später durch Thure Brandt empfohlen und ausgebildet worden ist, darüber giebt uns Landerer ebenfalls Auskunft.

In unserer Zeit verschmähen es die Aerzte nicht, sich mit den verschiedenen Methoden der Massage vertraut zu machen. Dadurch hat diese Art der Therapie grosse Fortschritte gemacht; sie soll nicht mehr gedankenlos und mechanisch bei den verschiedensten Krankheiten nach demselben Schema von Heilgehülfen ausgeführt werden. Eine Reihe von Aerzten haben sich mit Erfolg bemüht, bei den verschiedenen Krankheiten und krankhaften Veränderungen die für jeden Fall geeigneten Methoden herauszufinden, weiter auch bei dem einzelnen Patienten nach dem Kräftezustand und anderen Factoren die Massage zu dosiren.

Durch die eigenartigen, oft überraschenden Wirkungen der Massage in der Praxis aufmerksam geworden, haben andere versucht, die physiologische Wirkung dieser Therapie zu erklären und durch wissenschaftliche Untersuchungen zu begründen.

Da das Muskelsystem das eigentliche Angriffsgebiet der Massage bildet, haben verschiedene Forscher sich bemüht, die speciellen Wirkungen der Massage auf die Muskeln zu studiren. Unter diesen sind besonders Zabludowski, Mosso und Maggiora zu nennen.

Zabludowski (2) hat an drei Versuchspersonen die Wirkungen der Allgemeinmassage auf das Körpergewicht, die Muskelkraft, die Körpertemperatur, auf Puls- und Athemfrequenz, Harnmenge, Stickstoffausscheidung u. s. w. untersucht. Verfasser meint, dass durch die Massage bei allen 3 Personen die Muskelkraft zunahm. „Neben der verbesserten Seelenstimmung macht sich eine leichtere Beweglichkeit des Körpers bemerklich.“

Des weiteren hat er unter Kronecker Untersuchungen darüber angestellt, „wie Muskeln nach ermüdender Arbeit durch die Massage beeinflusst werden“. „Es hat sich ergeben,“ sagt er, „dass Muskeln des unversehrten Frosches, welche durch eine Reihe von rhythmisch wirkenden maximalen Inductionsströmen erschöpft sind, unter der Massage sich wieder so erholen können, dass ihre neuen Leistungen den anfänglichen nur wenig nachstehen, während kurze blosse Ruhe ohne Massage wenig hilft.“ Er reizte mit 2 maximalen Inductionsschlägen pro Secunde den durchbluteten Gastrocnemius des Frosches und fand, „dass ein so gereizter frischer Gastrocnemius nur 300 Zuckungen bis zu nahezu vollkommener Erschöpfung

zu machen vermochte, nach 10 Minuten Ruhe waren dem Muskel nur 200 kleinere Zuckungen möglich, nach 10 Minuten Massage aber konnte er in diesem Falle zu mehr als zu 1000 Zuckungen veranlasst werden."

Das letztere ist offenbar das Resultat eines einzigen Versuches; eine Verallgemeinerung lässt derselbe meines Erachtens nicht ohne Weiteres zu. Nach meinen zahlreichen Versuchen am durchbluteten Froschmuskel fallen die Zahlen der noch zu leistenden Contractionen nach Pausen wie nach Massagen sehr verschieden aus. Dass ein frischer Muskel gleich Anfangs 500 Zuckungen hinter einander leistet, mit nur wenig verschiedenen Hubhöhen, ist keine Seltenheit. Andererseits kann man bei einem Muskel, der schon 1000 Contractionen gemacht hat, nur durch 2 eingeschobene Pausen von 12 bis 15 Minuten unter Umständen noch 900 Zuckungen mit ansehnlichen Hubhöhen erhalten u. s. f. Um ein richtiges Bild von der Wirkung der Massage auf den Muskel zu erhalten, sind erstens grössere Reihen von Versuchen nothwendig, zweitens muss ausser den Hubhöhen und ihrer Zahl besonders auch der Verlauf der Einzelzuckung eingehend untersucht werden. Dies wird im Weiteren noch ausführlich erörtert werden.

Ferner hat Zabludowsky Versuche mit 6 Reizen pro Secunde am Frosch angestellt. Kronecker und Stirling (4) hatten festgestellt, dass man bei ermüdeten Muskeln durch eine geringere Reizfrequenz Tetanus erhält, als bei frischen Muskeln. Zabludowsky führt nun einen Versuch an, bei welchem der blutdurchströmte Gastrocneumius des Frosches bei 6 Reizen pro Secunde zunächst etwa 100 separate Zuckungen ausführte und von da an in Tetanus gerieth, „welcher erst noch die Andeutungen der Einzelzuckungen enthielt, dann stetig wurde. Als darnach die Reizung für 2 Minuten unterbrochen war, gerieth er bei neuer Erregung nach nur 2 bis 3 Einzelzuckungen in stetigen Tetanus, und auch 10 Minuten lange Ruhepausen gaben dem Muskel seine Beweglichkeit nicht wieder." „10 Minuten lang dauernde Massage stellte die Beweglichkeit wieder so weit her, dass der Muskel wiederum mehr als 100 der frequenten Einzelzuckungen auszuführen im Stande war, ohne in Krampf zu gerathen."

Es ist mir nicht ganz klar, was der Verfasser hier unter Einzelzuckungen versteht; ich vermuthe, dass es sich im Allgemeinen nur um stärkere Vibrationen des tetanisch contrahirten Muskels handelt.

Bei meinen wiederholten Versuchen mit 6 Reizen pro Secunde wurde, wenn der Muskel nach Aufhören des Tetanus zur Ruhe gekommen war, nach energischen Massagen zwar eine kleinere Anzahl von Einzelzuckungen durch dieselbe Reizfrequenz erzielt, niemals aber hundert und darüber, ehe er wieder in Tetanus überging.

Einen ähnlichen Versuch an den Wadenmuskeln des Kaninchens mit 9 Reizen pro Sec. hat Zabludowsky in einer anderen Arbeit (3) beschrieben.

Maggiora (5) untersuchte mit dem Mosso'schen Ergographen den Einfluss der Massage beim Menschen. Er schrieb mit diesem Apparate eine Bewegungscurve seines belasteten, bis zur Erschöpfung bewegten Mittelfingers auf. Das war also eine Curve der Hubhöhen und zwar eine Ermüdungscurve.

„Die Beuger des linken Mittelfingers, welche unter normalen Verhältnissen mit dem Gewicht von 3 kg und dem Rhythmus von 2 Secunden eine mechanische Arbeit von ungefähr 2·685 kgm lieferten, haben, als sie zum dritten Male nach einer 15 Minuten dauernden Ruhepause ihre Ermüdungscurve schrieben, nur eine Arbeit von 0·720 kgm, und das fünfte Mal nur 0·456 kgm geliefert.

„Als man im Gegentheil am zweiten Tage des Experiments die 15 Minuten dauernde Ruheperiode durch ebenso lange dauernde Massage ersetzte, erhielten sich die Ermüdungscurven der Beuger des Mittelfingers 8 Mal fast normal, sowohl was die Höhe der ersten Contraction, als auch die Form der Curve und die Quantität der mechanischen Arbeit betrifft."

„Nach der achten Ermüdungscurve . . . sehen wir, dass trotz der Fortsetzung der Massage mit 15 Minuten dauernden Perioden sich in den Muskeln schon Ermüdung anhäuft; dieselben sind noch im Stande, bei den Aufzeichnungen eine normale oder fast normale Contraction zu geben, aber die Contractionen werden immer niedriger und hören schliesslich vollständig auf, und die mechanische Arbeit reducirt sich erst auf die Hälfte, dann auf ein Drittel des Normalen."

In einer zweiten eingehenden Arbeit (7) untersucht Maggiora die Wirkung der Massage unter verschiedenen Verhältnissen und kommt zu folgenden interessanten Schlüssen:

Die Massage erhöht die Arbeitsfähigkeit des gut ausgeruhten Muskels. Ohne Massage wurde 4·272 kgm mechanische Arbeit geleistet, dagegen nach Massage 8·019 kgm!

Die Steigerung der Arbeit besteht nicht in einer Zunahme der Höhe der ersten Contractionen, sondern in einer grösseren Zahl derselben und darin, dass sie langsamer abnehmen.

Der ermüdete Muskel erholt sich, wenn man ihn massirt, weit früher, als wenn man ihn sich selbst überlässt.

Die besten Resultate konnten durch gemischte Massage (Kneten, Klopfen, Reiben u. s. w. abwechselnd) erzielt werden.

In einer 5 Minuten lang dauernden Massage (derselben Muskeln) liegt durchschnittlich der grösste Nutzeffekt, den man durch Massage erhalten kann.

Bei Ermüdung des ganzen Körpers (durch einen Spaziergang von 17 km, durch eine Nachtwache, durch geistige Anstrengung, durch Fasten und

durch Fieber) trat die stärkende Wirkung der Massage auch an den erst mittelbar ermüdeten Muskeln deutlich zu Tage. —

Es wäre noch zu erwähnen, dass Maggiora die Contractionen seiner Muskeln theils willkürlich auslöste, theils durch elektrische Reizung vom Muskel oder vom Nerven aus. So ansprechend seine Arbeiten auch sind, so muss doch hervorgehoben werden, dass den Experimentator solche Versuche an sich selbst leicht zu einer subjectiven Förderung der gewünschten Resultate verleiten können. Auch wäre es zweckmässig gewesen, ausser der Hubhöhe auch die Dauer der einzelnen Contractionen zu berücksichtigen.

Es finden sich noch eine ganze Reihe von wissenschaftlichen Arbeiten in der Litteratur, in denen jedoch die eigentlich physiologische Wirkung der Massage auf den Muskel wenig erörtert wird. Es handelt sich da vielmehr um den Einfluss der Massage auf den Stoffwechsel (Bendix [10], Gopadse [11], Keller [12], Dunlop [13] u. s. w.); auf die Harnsecretion (Bum [14 und 15]); auf den respiratorischen Gaswechsel (Leber und Stüve [16]; den Blutdruck (Edgecombe [17], Bain, Colombo [18]); die Körpertemperatur (Eccles [19]) und endlich um die Wirkung der Massage bei zahlreichen chirurgischen Erkrankungen (Zabludowsky l. c., Lucas Championnère [20], Castex [21], Landerer l. c., Krukenberg [22] u. s. w. — —

Durch Herrn Prof. Engelmann bin ich zu den folgenden Studien am entbluteten und durchbluteten Froschmuskel angeregt worden. Auch möchte ich an dieser Stelle Herrn Privatdocenten Dr. Schultz für seine liebenswürdige Unterstützung bei der Einarbeitung in dies mir bis dahin wenig geläufige physiologische Gebiet bestens danken.

I. Anordnung der Versuche.

Die Versuche wurden im Wesentlichen nach drei Richtungen ausgeführt und zwar wurden untersucht:

1. die Hubhöhen mit und ohne eingeschaltete Massagen;
2. der Zuckungsverlauf ebenso;
3. die Wirkung von eingeschalteten Pausen und Massagen beim durch Tetanus ermüdeten Muskel.

Die grössere Anzahl der Versuche wurde am blutdurchströmten Muskel angestellt. Nur eine kleinere Zahl von ausgeschnittenen Nerv-Muskel- und Muskelpräparaten (letztere von curarisirten Fröschen) kam zur Untersuchung, wobei die Muskeln mit Haut bedeckt blieben, um die Austrocknung zu verhindern.

Um bei den Arbeiten am blutdurchströmten Muskel durch die Eigenbewegungen des betreffenden Frosches nicht gestört zu werden, habe ich dis ersten Male das Rückenmark ausgebohrt, wobei die Thiere kein oder nur sehr wenig Blut zu verlieren pflegen. Diese Methode habe ich aber verlassen, denn die Muskeln hatten dann nicht dieselbe Ausdauer, wie die des unversehrten Frosches. Der Hauptgrund hierfür liegt wohl in der allgemeinen Erschlaffung der Arterien und der damit verbundenen Herabsetzung des Blutdrucks nnd Verlangsamung des Blutstromes. Auch darf man annehmen, dass die äusserst starke tetanische Contraction der Muskeln beim Ausbohren denselben einen Theil ihrer Kräfte kostet. Die Muskeln bleiben ja nicht selten eine Minute lang contrahirt, wobei oft fibrilläre Zuckungen zu sehen sind.

Da es zweckmässig schien, die Versuche hauptsächlich durch Reizung vom Nerven aus anzustellen, um den natürlichen Verhältnissen näher zu kommen, konnte nur in einigen Fällen Curare angewendet werden. Die Mehrzahl der Frösche wurde möglichst tief durch Chloroform-Alkohol betäubt, was in der Weise geschah, dass das Thier unter eine Glasglocke gesetzt wurde, unter welcher ein kleiner mit obiger Mischung getränkter Wattebausch lag. Getödtet wurde auf diese Weise kein einziger Frosch. Stets war selbst nach 5 bis 8 Minuten langer Narkotisirung die Herzpulsation deutlich wahrzunehmen. Die Frösche erwachten, wenn alles gut ging, erst nach mehreren Stunden und lagen bei dem Versuche ganz ruhig.

Es wurde nun vorsichtig ohne viel Blutverlust die Achillessehne frei präparirt, Gefässe und Haut wurden durch einen sehr festen Zwirnsfaden, der auch Knochen und Weichtheile mit umschloss, unterbunden, der Fuss wurde im Gelenk abgetrennt. Dann wurde ebenfalls unter sorgfältiger Vermeidung von Blutungen an der Rückseite des Oberschenkels der Ischiadicus freigelegt und oben durchschnitten, wobei häufig ein kleines Quergefäss unterbunden werden musste. Der ganze Frosch wurde mit Cambrikbinden, die mit physiologischer Kochsalzlösung angefeuchtet waren, auf einem Holzbrett befestigt, welches wagerecht an das Stativ angeschraubt werden konnte. Gelegentlich wurden die drei freien Extremitäten noch mit Reissnägeln auf dem Holzbrettchen festgesteckt. Von dem zu untersuchenden Bein wurde das Knie in eine Metallklemme eingeschraubt, die oben durch einen Arm mit dem Stativ verbunden war. Unten wurde die Achillessehne durch ein Doppelhäkchen mit dem Schreibhebel verbunden, dessen Drehpunkt ziemlich nahe an dem Stativ lag, an welchem er befestigt war.

Durch eine Schraube unten am Stativ konnte dasselbe so hin und her gedreht werden, dass der Schreibhebel leicht von der berussten Fläche abgehoben und wieder angelegt werden konnte; das erwies sich als zweck-

mässig, da öfters ganze Reihen von Zuckungen nicht aufgeschrieben wurden, während welcher die Trommel weiter ging.

Zu den Versuchen wurde das Ludwig-Baltzar'sche Kymographion benutzt, oft in Verbindung mit einem Reizkranz, durch welchen es ermöglicht wurde, dass die Oeffnungsinductionsschläge stets an dieselbe Stelle der Trommel und dementsprechend die Anfänge der Curven in dieselbe Vertikale fielen. Auch wurde der Reizkranz vielfach dazu benutzt, Tetanus von bestimmter Dauer (z. B. genau 4 Secunden) zu erzielen.

Die Reizung des Nerven erfolgte durch Oeffnungsinductionsschläge. Den primären Strom lieferten gewöhnlich 2 Accumulatorzellen. In den secundären Kreis des du Bois'schen Schlittens wurde ausser dem zu reizenden Nerven bezw. Muskel noch ein du Bois'scher Schlüssel eingefügt, um jeder Zeit das Präparat schonen zu können.

Zur Untersuchung der Hubhöhen wurden gewöhnlich mit Engelmann's Polyrheotom (23 u. 27) die Schliessungsschläge abgeblendet und nur Oeffnungsinductionsschläge in Pausen von je 1 Secunde ertheilt. Seltener wurde der Nerv oder Muskel mittelst der Baltzar'schen Uhr durch Inductionsschläge gereizt. Das Polyrheotom verdiente den Vorzug, weil die Oeffnung des primären Stromes stets gleich schnell und in derselben Weise erfolgte, besonders wenn mittelst des Motors die Umdrehungen des Polyrheotoms so schnell erfolgten, dass nur ein Paar Kupferblechspitzen zur Schliessung und Oeffnung in Zwischenräumen von 1 Secunde nöthig waren.

Um den Verlauf der Einzelzuckung gut zur Anschauung zu bringen, wurde der Reizkranz zur erwähnte Oeffnung des Primärkreises benutzt; in einer Umdrehungszeit der berussten Trommel von 4·2 Secunden wurden dem Nerven 2 Oeffnungsinductionsschläge ertheilt; bei fortlaufenden Untersuchungsreihen erfolgte also etwa alle 2 Secunden eine Zuckung. Durch diese ganze Anordnung wurden sämmtliche Zuckungscurven sehr übersichtlich in 2 Verticalen über einander geschrieben (Imbrication verticale).

Bei diesen Versuchen legte ich die Methoden von Funke (25) und von Rollet (24) zu Grunde. Häufig wurden 10 Zuckungen aufgeschrieben, dann 90 ausgelassen u. s. w. Mit einer Stimmgabel wurden dabei Hundertstel Secunden verzeichnet.

Zur Erregung von Tetanus wurde der Halske'sche Unterbrecher benutzt, mit verschiedener Zahl der Oeffnungsschläge in der Secunde.

Es wurde durchweg mit maximalen Reizen gearbeitet. Der Rollenabstand betrug bei Reizung vom Nerven aus 350 bis 400 mm, bei curarisirten Fröschen vom Muskel aus 80 bis 120 mm. Die Länge des Schreibhebels betrug 168 mm, ein Gewicht von 70 grm hing 3 mm vom Drehpunkt entfernt am Hebel; der Angriffspunkt des Muskels am Hebel war 33 mm vom Dreh-

punkt entfernt. Demnach hob der Muskel bei jeder Contraction 6·36 grm. — Durch den Schreibhebel wurden die Hubhöhen etwa fünf Mal vergrössert aufgezeichnet.

Im Laufe der Untersuchungen stellte sich heraus, dass die Muskeln chloroformirter Frösche, wo die Reizung vom Nerven aus stattfand, sich in jeder Hinsicht ebenso verhielten, wie die direct gereizten Muskeln curarisirter Frösche. Beide können also hier gemeinsam besprochen werden. Auch Versuche mit künstlich ödematös gemachten Muskeln (durch Abschnürung oben am Oberschenkel) zeigten ein analoges Verhalten. Dagegen erfordern entblutete Muskeln eine gesonderte Besprechung, weil sie in mehreren Punkten vom durchbluteten Muskel des lebenden Frosches abwichen.

Die eingeschobenen Ruhepausen für den Muskel waren meist kurz, gewöhnlich 2, 5, 10 und 15 Minuten lang; ebenso lang die Massagen. Doch wurden Massagen von 5 Minuten langer Dauer bevorzugt, da diese nach Maggiora für den Muskel einen besonders guten Nutzeffekt haben. Ich benutzte bei dem kleinen Froschmuskel mit Vorliebe die gemischte Massage (bestehend in Knetungen, Klopfungen, Rollungen und Streichungen), die ja besonders zweckmässig gefunden worden ist.

II. Hubhöhen der Einzelzuckungen.

Rollet (24) erwähnt in seiner mehrfach besprochenen Arbeit, dass man bei jeder vielgliederigen Zuckungsreihe „eine Treppe“ (Bowditsch [29]) und nacher den „Abfall von der Treppe“ unterscheidet. Auch bei meinen Curven liess sich dies Phänomen überall feststellen. Lässt man die Uhr am Myographion so langsam gehen, dass die Trommel zu einer Umdrehung etwa $2^1/_2$ Minuten braucht und schreibt nun fortgesetzt in Pausen von 1 Secunde die Hubhöhen, so entsteht eine solche Curve, in welcher die „Treppe“ und der „Abfall von der Treppe“ zu erkennen sind. Die Zahl der Zuckungen bis zu dem Höhepunkt der Treppe und dem Beginne des Abfalls ist eine sehr verschiedene, je nach der Leistungsfähigkeit und Ausdauer des betreffenden (durchbluteten) Muskels. Oefters erreichte die Treppe ihren Gipfel schon bei der 200. bis 250. Zuckung, in anderen Fällen erst bei der 600. Zuckung.

Es wurden nun zu verschiedenen Zeiten die Zuckungsreihen bald durch Ruhepausen, bald durch Massagen unterbrochen, und da zeigte es sich, dass Pausen wie Massagen einen wesentlich anderen Einfluss im Stadium „der Treppe“ hatten, als im Stadium des „Abfalls von der Treppe“.

Tabelle I.

1	2	3	4	5	6
Eingeschobene Pausen oder Massagen	Nummer der Zuckung	Zuckungshöhe in mm am		Zuckungshöhe in mm am	
		durchbluteten Muskel	entbluteten Muskel *A*	entbluteten Muskel *B*	entbluteten Muskel *C*
	1.	2·7	3·7	3·6	3·6
	10.	3·2	4·0	3·8	4·0
Pause von 5 Min.					
	11.	2·6	3·8	3·6	3·6
	20.	3·3	4·2	3·8	4·0
Massage von 5 Min.					
	21.	2·6	3·4	2·3	3·5
	30.	2·8	3·7	2·7	3·8
	100.	3·3	—	—	—
	120.	3·3	4·2	2·7	4·4
Pause von 5 Min.					
	121.	2·3	3·5	2·2	3·5
	220.	2·4	3·8	2·4	3·0
Massage von 5 Min.					
	221.	2·4	1·6	2·4	2·9
	225.	4·4	3·4	2·6	3·0
	240.	5·2	—	—	—
	470.	2·2	—	1·0	—

Im Stadium der „Treppe“ hatten Ruhepausen den Erfolg, dass die ersten Hubhöhen nach der Pause niedriger wurden, als die letzte Zuckung vor derselben. Genau wie dies Rollet beschreibt, der noch hinzufügt: „Der Muskel hat sich also zu einer niedrigeren Zuckung erholt.“

Ganz ebenso wie Ruhepausen verhielten sich in diesem Stadium eingeschobene Massagen. Allmählich stiegen dann nach Ruhe wie nach Massage die Zuckungen wieder treppenförmig an, und zwar erreichten diese Treppen oft höhere Gipfel, als die frühere Treppe, besonders nach Massagen. Vgl. Tabelle I, Rubrik 3 und Taf. XVI, Fig. 1. Der Versuch in Tabelle I fällt wenigstens bis zur 240. Zuckung in den aufsteigenden Theil der Treppe.

Der entblutete frische Muskel zeigte ein ganz analoges Verhalten; man sieht in Tabelle I, Rubrik 4, 5 und 6 den jedesmaligen treppenförmigen Wiederanstieg nach den ersten Pausen wie Massagen. Nur ermüdet der entblutete Muskel rascher, und die Erscheinungen der Ermüdung werden durch das Absterben compliciert.

Im Stadium des „Abfalls von der Treppe“ traten nun geradezu umgekehrte Verhältnisse ein. Hier waren die ersten Zuckungen nach Pausen und Massagen höher, bis doppelt so hoch, als die letzten vorher.

Ein Blick auf folgende Tabelle II lässt erkennen, dass die erste Massage von 3 Minuten Dauer die Hubhöhen von 2·0 mm auf 3·4 mm steigert, also fast um das Doppelte. Die zweite Massage von 2 Minuten steigert die Hubhöhen um mehr als das Doppelte, nämlich von 1·3 mm auf 2·7 mm. Dies war besonders in den späteren Stadien der Ermüdung am durchbluteten Muskel deutlich. Auch blieben die Hubhöhen längere Zeit hindurch — gelegentlich bis zu 200, 300, ja 400 Zuckungen — höher als die letzten vor der Pause oder Massage gewesen waren. Massagen haben hier aber entschieden eine noch günstigere Wirkung auf die Höhe der Zuckungen, als ebenso lange oder sogar als längere Ruhepausen.

Tabelle II.

Hubhöhen eines durchbluteten Muskels mit eingeschobenen Ruhepausen und Massagen.

1	2	3	1	2	3
Eingeschobene Pausen oder Massagen	Nummer der Zuckung	Zuckungshöhe in mm	Eingeschobene Pausen oder Massagen	Nummer der Zuckung	Zuckungshöhe in mm
	1.	3·1		1000.	2·0
	10.	3·5		1050.	1·9
	20.	3·7	Massage von 2 Min.		
	30.	3·8		1051.	2·6
	50.	4·0		1055.	2·4
	100.	4·2		1060.	2·0
	200.	4·1		1100.	2·3
	300.	2·7		1220	1·7
	400.	2·0	Pause von 5 Min.		
Massage von 3 Min.				1221.	2·2
	401.	3·4		1230.	1·6
	406.	3·7		1300.	1·9
	411.	3·3		1400.	2·0
	530.	3·0	Massage von 5 Min.		
Pause von 15 Min.				1401.	2·6
	531.	3·3		1410.	2·4
	535.	3·6		1500.	2·6
	540.	3·2		1600.	2·1
	600.	3·5		1720.	1·6
	700.	3·5	Pause von 5 Min.		
	800.	3·0		1721.	2·3
	880.	1·3		1730.	1·8
Massage von 2 Min.				1800.	2·3
	881.	2·7		1920.	2·1
	885.	2·6	Pause von 10 Min.		
	890.	2·4		1921.	2·7
	900.	2·4			

Notirt man aus Tabelle II die Erfolge der Ruhepausen einerseits, der Massagen andererseits, so ergiebt sich:

Die	erste	Pause	von	15	Minuten	steigert	die	betr.	Hubhöhe	um 0·3 mm
„	zweite	„	„	5	„	„	„	„	„	0·5 „
„	dritte	„	„	5	„	„	„	„	„	0·7 „
„	vierte	„	„	10	„	„	„	„	„	0·6 „

Die	erste	Massage	von	3	Minuten	steigert	die	Hubhöhen	um 1.4 mm
„	zweite	„	„	2	„	„	„	„	1.4 „
„	dritte	„	„	2	„	„	„	„	0·7 „
„	vierte	„	„	5	„	„	„	„	0·6 „

Mag auch diese Zusammenstellung etwas willkürlich sein, so ist doch das Resultat ein so eclatantes, dass man an der günstigen Wirkung der Massage nicht zweifeln kann. Sowohl die absoluten wie die procentischen Werthe der Steigerung der Hubhöhen sind durchschnittlich nach kurzer Massage höher als nach Pausen gleicher oder längerer Dauer zu etwa derselben Zeit.

Man ersieht aus Tabelle II noch, dass die 200., 300. und 400. Zuckung schon im absteigenden Theile der Treppe liegen. Trotzdem erholt sich der Muskel durch die erste Massage von 3 Minuten so weit, dass er von neuem eine kleine Treppe bildet von 3·4 mm (Curve Nr. 401) bis auf 3·7 mm (Curve Nr. 406).

Dasselbe geschieht nach der ersten Ruhepause von 15 Minuten, wo auch eine kleine Treppe von 3·3 mm (Nr. 531) bis zu 3·6 mm (Nr. 535) entstanden ist.

Viel merkwürdiger ist aber eine andere Erscheinung, die in der Phase des Abfalls von der Treppe nach Pausen wie nach Massagen auftritt. Ist ein Muskel ermüdet und leistet nur noch viel niedrigere Hubhöhen als zu Anfang, so werden durch Pausen und Massagen die ersten Hubhöhen wieder besonders hoch, dann sinken sie aber — bis zur 10. oder 20. Curve etwa — beträchtlich ab, um von da ab wieder langsam anzusteigen (Taf. XVI, Figg. 2 u. 3). Diese neue Treppe dehnt sich bald nur über eine kleinere Zahl von Zuckungen aus (z. B. bis zur 50. Hubhöhe), gelegentlich aber viel weiter, sogar bis zur 180. Zuckung darnach. Gute Beispiele hierfür bilden in Tabelle II die Curvenreihen 535 bis 700, ferner 1051 bis 1100, ausserdem 1221 bis 1400 (!) und 1401 bis 1500.

Diese Erscheinung wurde nicht regelmässig, aber so häufig beobachtet, dass sie nichts Zufälliges sein kann. Mit der Wirkung der Massage auf die Blutcirculation lässt sie sich nicht erklären, da sie ebenso auch nach Pausen auftritt. Sie muss meines Erachtens mit der (molecularen) Eigenart der

Muskelsubstanz zusammenhängen, da sie sich auch beim entbluteten Muskelpräparat findet, dort ebenso nach Ruhepausen wie nach Massagen. — Steigerung der Hubhöhe nach Massage wurde übrigens noch nach der 2000. Zuckung öfters beobachtet.

Der Gipfel der Treppe, auf welchen dann bei andauernder gleicher Reizfrequenz von 1 bis 2 Secunden der „Abfall von der Treppe“ folgt, wird nicht von einer einzigen oder einigen wenigen Hubhöhen gebildet, sondern stellt ein mehr oder weniger breites Plateau dar. Wenn man in dieser Phase dem Muskel durch Ruhepausen und Massagen Erholung gönnt, wird dadurch zugleich der Abfall von der Treppe aufgehalten und das Plateau noch mehr verbreitert. Man muss also, wenn man nicht paradoxe Bilder erhalten will, eine so grosse Anzahl von Zuckungen aufzeichnen, dass man bis zum sicheren Abfall von der Treppe gekommen ist. Eine wie grosse Zahl von Hubhöhen dazu geprüft werden muss, lässt sich nicht allgemein sagen. Gönnt man dem (durchbluteten) Muskel zwischendurch auch nur kleine Ruhepausen, so können 2000 Zuckungen und mehr dazu erforderlich sein.

In besagtem Plateau steigen gelegentlich nach Pausen die Hubhöhen wieder treppenförmig an. Bei Pausen von mehreren Stunden erholt sich der (durchblutete) Muskel natürlich so weit, dass man von einem Plateau nicht mehr reden kann. Der Muskel beginnt dann bei regelmässig erfolgenden Inductionsschlägen seine Treppe genau so, wie ein ganz frischer Muskel. Dazu sind nach Rollet freilich allermindestens 3 Stunden Erholungspause nöthig. Diese Zeit reicht aber gewöhnlich nicht im geringsten zu einer „anpassenden“ Erholung (Rollet) aus, einer Erholung, nach welcher der Muskel wieder so arbeitet, wie ein ganz frischer. Dazu braucht mancher Muskel Ruhepausen von 20 Stunden und mehr. —

Aus den bisherigen Versuchen geht hervor, dass die Betrachtung der Hubhöhen allein keine rechte Klarheit giebt, in welcher Weise die Massage günstig auf den Muskel wirkt, und ob Massage zu jeder Zeit (auch im Stadium der Treppe) für die Kräftigung des Muskels von Werth ist.

Rollet hat nachgewiesen, dass der Werth von Ruhepausen für die Erholung des Muskels in jedem Stadium der Ermüdung leicht zu erkennen ist, wenn man den Verlauf der Einzelzuckung in jedem Falle berücksichtigt.

Ferner theilt er mit, dass einzelne frühere Forscher den Hubhöhen fälschlich eine viel zu grosse Bedeutung für die Beurtheilung der Ermüdung und Erholung des Muskels beigemessen haben.

Im Folgenden soll gezeigt werden, dass über den Werth der Massage und die Art ihrer Wirksamkeit auch erst das Studium des Verlaufes der Einzelzuckungen Klarheit giebt.

III. Verlauf der Einzelzuckungen.

A. Beim durchbluteten Muskel.

Helmholtz (26), Funke (25) und Andere haben darauf hingewiesen, dass der Verlauf der Zuckungscurve mit zunehmender Ermüdung immer gedehnter wird.

Rollet hat dann nach Funke's Vorgang Dekaden von Myogrammen angeschrieben, „während dazwischen der angelegte Hebel leer ging" und mit dieser Methode die zunehmende Dehnung der Curven sehr schön zur Anschauung gebracht. Er hat ferner durch eingeschaltete Ruhepausen Erholung des Muskels erzielt, so dass nach jeder Pause die ersten Curven viel schneller abliefen, weniger gedehnt waren, als die letzten vorher. Die dann folgenden Curven nahmen aber in schnellem Tempo wieder an Dehnung zu, wenn die Erholungspausen klein waren.

Diese Untersuchungen Rollet's wurden durch meine Versuche durchaus bestätigt. Um Wiederholungen zu vermeiden, verweise ich deshalb auf die Arbeit (24) dieses Autors.

Bei meinen weiteren Untersuchungen stellte sich nun aber heraus, dass man durch Massagen, die während solcher kleiner Pausen auf den Muskel einwirken, eine viel bedeutendere Verkürzung der Contractionsdauer des Muskels erzielen kann, als durch einfache Ruhe.

Es wurde in dieser Richtung eine ganze Reihe von Versuchen angestellt, die am durchbluteten Muskel stets dieselben Resultate ergaben, und zwar ebenso bei directer, wie bei indirecter Reizung.

Da die Versuche immer in analoger Weise vorgenommen wurden, soll hier ganz allgemein der eingeschlagene Weg derselben beschrieben werden.

Schon oben war erwähnt worden, dass bei jeder Trommelumdrehung der Muskel mit Hülfe eines Reizkranzes 2 Oeffnungs-Inductionsschläge erhielt. Da sich nun die Trommel mit einer Geschwindigkeit von bald 4·2, bald 4·5 Secunden ein Mal um sich selbst drehte, so wurde dem Muskel bezw. Nerven alle 2·1 oder 2·25 Secunden ein maximaler Reiz ertheilt. Nach jeder Umdrehung wurde die Trommel, während sie weiter umlief, mittels der Kurbel etwas gesenkt, so dass die Curven des Zuckungsverlaufes über einander geschrieben wurden, wie die Figuren 4 bis 8 auf Taf. XVI zeigen.

Da nun bei jeder Umdrehung der Trommel 2 Reize den Muskel trafen, wurden auch 2 Zuckungscurven aufgeschrieben; es entstanden demnach 2 Columnen von Zuckungscurven. In der ersten Columne waren die Zuckungen mit ungeraden Zahlen enthalten, also die Curven Nr. 1, 3, 5, 7, 9; in der zweiten die geraden: 2, 4, 6, 8, 10.

Die Figg. 4 bis 8 (Taf. XVI) zeigen nur jedesmal eine dieser beiden Columnen; die andere wurde weggelassen, da sie jener sehr ähnlich ist.

Nach Funke und Rollet wurden nur eine kleine Anzahl von Curven hinter einander aufgeschrieben, gewöhnlich 10; dann wurde meist eine grössere Anzahl, gewöhnlich 90 hinter einander, ausgelassen, der Schreibhebel wurde dazu vorsichtig von der berussten Papierfläche abgehoben, während die Trommel sich weiter drehte. Fig. 4 I enthält demnach die Curven der 1., 3., 5., 7. und 9. Zuckung; Fig. 4 II enthält die 101., 103., 105., 107. und 109. Zuckungscurve u. s. f.

Die Zeit wurde mit einer Stimmgabel aufgeschrieben, die 100 Schwingungen in der Secunde machte (siehe Taf. XVI).

Eine ganze Reihe von Versuchen wurde so angestellt, wie der in Figg. 4 und 5 dargestellte. Fig. 4 I besteht, wie erwähnt, aus 5 Zuckungscurven vom ersten Hundert, 4 II vom zweiten Hundert u. s. w. Demnach 4 IV *a* aus fünf Curven vom vierten Hundert, nämlich Nr. 301, 305, 307 u. s. w.; 4 IV *b* besteht aus den Curven Nr. 401, 403, 405, 407 und 409. Hier wurde eine Ruhepause für den Muskel eingeschoben, nach welcher die schon sehr lang gestreckten und niedrigen Zuckungscurven wesentlich kürzer und höher wurden, wie Fig. 4 V *a* zeigt (mit den Curven 411, 413, 415 u. s. w.). Der Muskel hatte sich also erholt. Es wurden wieder 90 Zuckungen ausgelassen und die Curven Nr. 511 bis 520 aufgeschrieben, die wieder stark gedehnt waren (Fig. 4 V *b*). Dann wurde eine Massage von 4 Minuten (*M* 4′) eingeschoben, durch die sich der Muskel so erheblich erholte, dass er die folgenden viel kürzeren und höheren Curven schrieb (Fig. 4 VI *a*), nämlich Curve 521 bis 530. Selbst das nächste Hundert Curven, welches mit 621 bis 630 (VI *b*) schloss, stand noch unter dem Einfluss der Massage, war kürzer und höher.

Vergleicht man nun die 110 Curven — V *a* und *b* — nach der ersten Pause (*P* 5′) mit den 110 Curven — VI *a* und *b* — nach der ersten Massage (*M* 4′), so ist der viel grössere Erfolg der Massage gegenüber der Ruhepause sofort einleuchtend!

Noch eclatanter ist der Unterschied zwischen den Curvenreihen X und XI in Fig. 5, der Fortsetzung von Fig. 4. Wir sehen dort, dass die Curvenreihe Nr. 951 bis 960 (X) nach einer Ruhepause von 5 Minuten zwar deutlich kürzer und höher geworden ist, aber dann doch mit jedem einzelnen Gliede der Reihe eine starke Längenzunahme zeigt. Wie ganz anders nach einer Massage von 3 Minuten (*M* 3′)! Da sind die Curven 961 bis 970 (XI) ganz kurz und hoch geworden und nehmen nur langsam an Ausdehnung zu.

Die kurze Massage von 3 Minuten hat also dem Muskel eine viel gründlichere Erholung gebracht, als die längere Ruhepause von 5 Minuten!

Der belastete Muskel wird durch nur kurze Massage in den Stand gesetzt, sich in viel kürzerer Zeit zu contrahiren und wieder auszudehnen, als vorher. Er arbeitet dann also viel flinker.

Der Muskel wurde nun gleichmässig weiter alle 2.2 Secunden maximal gereizt, im Ganzen 1420 Mal, stets bei demselben Rollenabstand. Es wurden fortgesetzt bald Ruhepausen (*P*), bald Massagen (*M*) eingeschoben. Man ersieht aus der Figur 5, dass selbst die späteren (XIV, Nr. 1181 bis 1190) und zuletzt verzeichneten Curven (XVII, Nr. 1401 bis 1420) in Folge der Massage einen wesentlich kürzeren Ablauf zeigen, als die Zuckungen nach Ruhepausen (XIII und XVI). —

Rollet sagt, wir sehen die Leistungsfähigkeit des Muskels in der Zeiteinheit „vom Anfang bis zum Ende einer Zuckungsreihe fortwährend sinken."

Ich habe in Tabelle III S. 481 die Hubhöhen in Millimetern und die Dauer der Einzelzuckungen in Secunden notirt, habe den aufsteigenden Schenkel der Einzelzuckung nach Rollet „Crescente", den absteigenden „Decrescente" genannt und habe den zeitlichen Ablauf auch dieser beiden Schenkel einzeln berechnet. Man sieht, dass bei Ermüdung die Decrescenten viel stärker an Länge zunehmen als die Crescenten (Rollet).

Es wurde dann aus der Dauer des Hubes (Crescente) und der Hubhöhe, sowie dem jedesmal gehobenen Gewicht von 6·36 ^{grm} (— das Gewicht des Muskels wurde vernachlässigt —) jede Einzelleistung in Gramm-Millimetern berechnet und in Spalte 7 der Tabelle III eingetragen.

Auch dadurch kann man nachweisen, dass bei gleichmässigen Reizen mit zunehmender Ermüdung die Leistung in der Zeiteinheit constant abnimmt. Man vergleiche die Zahlen in Tabelle III, Spalte 7. Da nimmt die Einzelleistung in der Secunde ab — trotzdem die Hubhöhen bis zur 103. Curve ansteigen — von 229 ^{gmm} (Curve 1) auf 180 ^{gmm} (C. 2), weiter auf 166 ^{gmm} (C. 3), 141 ^{gmm} (C. 101) u. s. f., bis die Leistung bei Curve 401 auf **22·4** ^{gmm} anlangt!

Durch eine Pause von 5 Minuten (*P* 5′) wird die Einzelleistung in der Secunde auf 104 ^{gmm} (Curve 411) gesteigert und hält sich nach 110 Contractionen noch auf 40 ^{gmm} (C. 520); durch Massage aber auf 273 ^{gmm} (C. 521) und hält sich nach 110 Contractionen noch auf **85** ^{gmm} (C. 630). Und so fort sehen wir, dass Massagen für die Leistungsfähigkeit des Muskels in der Zeiteinheit viel wirksamer sind, als gleich lange oder längere Ruhepausen. Dies Verhältniss besteht bis zu den höchsten Graden der Ermüdung des Muskels. Bei Curve 960 leistet der Muskel nur 95 ^{gmm}, trotz der kürzlich vorangegangenen Pause; durch eine Massage von nur 3 Minuten wird seine Leistung auf **363** ^{gmm} erhöht, welche somit die Anfangsleistung des Muskels übertrifft. Die Verkürzung des Zuckungsablaufes ergiebt sich ebenso aus Figg. 4 u. 5, wenn man daselbst die Curvenreihe XI

mit I vergleicht. Doch ist der Muskel nicht ganz so vollständig erholt, wie er zu Anfang war. Das sieht man an dem schnellen Abfalle der Leistungen von der 961. bis zur 970. Zuckung in der Tabelle III und weiter aus der 1061. bis 1070. Zuckung in Fig. 5 XII *a*.

Tabelle III.

(Hierzu Taf. XVI, Figg. 4 u. 5.)

Vom durchbluteten Muskel.

1	2	3	4	5	6	7
Eingeschobene Pausen oder Massagen	Nummer der Curve	Hubhöhe in mm	Dauer der Einzelzuckung in Sec.	Crescente in Sec.	Decrescente in Sec.	Leistung pro Sec. in gmm
	1.	1·8	0·09	0·05	0·04	229
	2.	1·7	0·11	0·06	0·05	180
	3.	1·7	0·115	0·065	0·05	166
	101.	2·2	0·21	0·09	0·12	141
	103.	2·2	0·21	0·09	0·12	141
	201.	1·4	0·32	0·10	0·22	89
	301.	0·7	0·50	0·10	0·40	44·5
	401.	0·3	0·25	0·085	0·165	22·4
	410.	0·3	0·25	0·085	0·165	*22·4*
Pause von 5 Min.	411.	0·9	0·10	0·055	0·045	*104*
	420.	1·0	0·20	0·08	0·12	*80*
	520.	0·5	0·30	0·08	0·22	*40*
Massage von 4 Min.	521.	1·5	0·085	0·035	0·05	**273**
	530.	1·4	0·15	0·05	0·10	**178**
	630.	0·8	0·21	0·06	0·15	**85**
Pause von 5 Min.	631.	0·9	0·16	0·05	0·09	115
	640.	1·0	0·25	0·08	0·17	80
	740.	1·1	0·33	0·09	0·24	*78*
Massage von 4 Min. und Pause von 16 Min.	741.	1·7	0·12	0·06	0·06	**180**
	750.	1·7	0·20	0·085	0·115	*127*
	850.	1·7	0·35	0·105	0·245	*103*
	941.	1·1	0·40	0·09	0·31	78
	950.	1·1	0·50	0·09	0·41	*78*
Pause von 5 Min.	951.	1·5	0·20	0·08	0·12	*119*
	960.	1·5	0·40	0·10	0·30	*95*
Massage von 3 Min.	961.	2·0	0·07	0·035	0·035	**363**
	970.	2·1	0·15	0·06	0·09	**223**
	u. s. w.			u. s. w.		

Bei diesen Berechnungen konnte die Aenderung der Decrescente nicht in Betracht gezogen werden. Zu einer vollständigen Einzelleistung eines Muskels gehört natürlich seine Zusammenziehung und seine Wiederausdehnung zu neuer Arbeit. Man kann leicht eine Berechnung unter Mitberücksichtigung der Decrescenten aufstellen, wodurch obige Resultate bestätigt und noch erweitert würden. Ich habe solche Berechnungen gemacht; da sie aber nichts principiell Neues bringen, dieselben hier fortgelassen. Dass sie die Verhältnisszahlen noch mehr zu Gunsten der Massage gestalten würden, ist aus den Zahlen der Decrescenten Tabelle III, Spalte 6 leicht zu ersehen.

Zeigte der obige, ausführlich besprochene Versuch die unterschiedlichen Wirkungen von Ruhepausen und Massagen auf ein und denselben Muskel in grösseren Zuckungsreihen, so giebt der folgende in Tabelle IV dargestellte die Curven zweier verschiedener Muskeln, der beiden Gastrocnemii eines Frosches, zum Vergleich.

Hier wurden beim rechten Gastrocnemius *A* nach je 100 Zuckungen Ruhepausen von 5, 10 und 15 Minuten eingeschaltet, beim linken Wadenmuskel *B* ebenso Massagen von 5, 10 und 15 Minuten.

Der linke Gastrocnemius zeigt auch bei seinen ersten Leistungen (vor jeglicher Massage) günstigere Werthe als der rechte. Das ist wohl so zu erklären, dass bei diesem Winterfrosche die Circulation im ganzen Körper durch den ersten Versuch am rechten Bein angeregt wurde, so dass das linke Bein gleich Anfangs in Folge regerer Blutbewegung besser arbeitete. (Dasselbe sieht man in Tabelle V.)

Zu Tabelle IV, Spalte 7 sind die Leistungen der beiden Muskeln auf eine Secunde berechnet, angegeben. Rechts steigt nach der ersten Pause von 5 Minuten die Leistung von 141 gmm auf 170 gmm (Curven Nr. 100 und 101), links dagegen nach der ersten, ebenfalls 5 Minuten dauernden Massage die Leistung von 196 gmm auf 373 gmm! Also die Pause verbessert links die Leistung um ein Fünftel des Werthes, die Massage rechts um fast das Doppelte.

Rechts ersieht man aus der Tabelle ein — allerdings durch die Pausen zeitweilig unterbrochenes — allmähliches Sinken der Leistungen, so dass die 400. Zuckung nur eine Leistung von 36 gmm aufweist, die 414. Zuckung nach 15 Minuten Erholung noch 89 gmm.

Links zeigt die 400. Zuckung in Folge vorhergehender Massage noch den Werth von 85 gmm, die 414. Zuckung nach einer Massage von 15 Minuten noch die erhebliche Leistung von 178 gmm. Beide Zuckungen (Nr. 400 u. 414) weisen den doppelten Werth derselben Curven am rechten Wadenmuskel auf: 85 und 178 gmm gegenüber 36 und 89 gmm.

Tabelle IV.

Von zwei durchbluteten Muskeln desselben Frosches.
(Rechts durch Pausen, links durch Massagen erholt.)

1	2	3	4	5	6	7
Eingeschobene Pausen oder Massagen	Nummer der Curve	Hubhöhe in mm	Dauer der Einzelzuckung in Sec.	Crescente in Sec.	Decrescente in Sec.	Leistung pro Sec. in gmm
A. Rechter Gastrocnemius.						
	1.	2·8	0·16	0·08	0·08	223
	5.	3·0	0·22	0·10	0·12	181
	100.	3·7	0·56	0·16	0·40	141
Pause von 5 Min.						
	101.	2·4	0·21	0·09	0·12	170
	105.	2·6	0·42	0·13	0·29	127
	200.	1·2	0·85	0·15	0·70	51
Pause von 10 Min.						
	201.	1·8	0·24	0·11	0·13	104
	205.	1·6	0·40	0·11	0·29	93
	300.	0·9	0·64	0·13	0·51	44
Pause von 10 Min.						
	301.	1·1	0·29	0·11	0·18	64
	305.	1·0	0·45	0·11	0·34	58
	400.	0·8	0·77	0·14	0·63	36
Pause von 15 Min.						
	401.	1·2	0·19	0·08	0·11	*95·4*
	405.	1·5	0·38	0·10	0·28	*90·4*
	414.	1·8	0·50	0·13	0·37	*89*
B. Linker Gastrocnemius.						
	1.	3·3	0·12	0·07	0·05	284
	5.	3·6	0·18	0·10	0·08	219
	100.	4·0	0·28	0·13	0·15	196
Massage von 5 Min.						
	101.	4·1	0·17	0·07	0·10	**373**
	105.	4·3	0·22	0·08	0·14	341
	200.	4·0	0·53	0·15	0·38	170
Massage von 10 Min.						
	201.	2·4	0·19	0·08	0·11	181
	205.	2·7	0·35	0·12	0·23	143
	300.	1·2	0·70	0·15	0·55	51
Massage von 10 Min.						
	301.	3·2	0·21	0·08	0·13	242
	305.	3·4	0·52	0·15	0·37	138
	400.	2·0	1·00	0·15	0·85	85
Massage von 15 Min.						
	401.	4·0	0·22	0·09	0·13	**283**
	405.	4·1	0·52	0·13	0·39	**201**
	414.	3·8	0·66	0·13	0·53	**178**

Am massirten Bein leistet die 401. Zuckung dasselbe wie die 1. Zuckung (284 und 283 gmm); am rechten nicht massirten Bein ist die Leistung der 401. Zuckung mit 95·4 gmm pro Secunde noch nicht halb so gross, wie die 1. Zuckung (223 gmm).

Der massirte Muskel ist also viel ausdauernder und leistungsfähiger, vor allem aber flinker bei der Arbeit als der nicht massirte.

Im II. Theile dieser Arbeit, bei der Untersuchung der Hubhöhen, war gezeigt worden, dass bei einem frischen Muskel, der erst wenige Contractionen ausgeführt hat, nach Pausen und Massagen die ersten Hubhöhen kleiner werden, als die letzten vorher, dass sich der Muskel zu einer niedrigeren Zuckung erholt, wie Rollet sagt (vgl. Taf. XVI, Fig. 1). Dies konnte zu der Auffassung führen, dass Massagen, bevor der Muskel durch längere Zuckungsreihen ermüdet ist, eher nachtheilig als vortheilhaft für seine Thätigkeit wären.

Es wurde deshalb der folgende Versuch angestellt, der in Fig. 6 *A* und *B* aufgezeichnet ist, und von welchem die Maasse der Curven in Tabelle V berechnet sind.

Tabelle V.

(Hierzu Taf. XVI, Fig. 6.)

Von zwei durchbluteten Muskeln desselben Frosches.
(Der rechte durch Pausen, der linke durch Massagen erholt.)

1	2	3	4	5	6	7
Eingeschobene Pausen oder Massagen	Nummer der Curve	Hubhöhe in mm	Dauer der Einzelzuckung in Sec.	Crescente in Sec.	Decrescente in Sec.	Leistung pro Sec. in gmm
Rechter Gastrocnemius (Fig. 6 *A*).						
	1.	1·1	0·095	0·055	0·04	127
Pause von 5 Min.						
	11.	1·1	0·085	0·05	0·035	140
Pause von 5 Min.						
	21.	1·2	0·10	0·055	0·045	**139**
	150.	1·0	0·19	0·09	0·10	**71**
Pause von 10 Min.						
	151.	1·3	0·12	0·07	0·05	117
Linker Gastrocnemius (Fig. 6 *B*).						
	1.	1·4	0·09	0·05	0·04	178
Massage von 5 Min.						
	11.	1·0	0·09	0·05	0·04	127
Massage von 5 Min.						
	21.	1·1	0·075	0·035	0·045	**200**
	150.	1·5	0·11	0·07	0·04	**136**
Massage von 10 Min.						
	151.	1·1	0·085	0·04	0·045	175

Es wurden wieder der rechte und linke durchblutete Gastrocnemius ein und desselben Frosches vergleichend mit Pausen und Massagen untersucht, und zwar wurden schon nach den ersten und zweiten 10 Zuckungen rechts Ruhepausen, links ebenso lange Massagen eingeschaltet.

In Spalte 7 sind wiederum die Einzelleistungen pro Secunde für den aufsteigenden Theil der Curven, d. h. die Crescenten berechnet. Wieder sehen wir, dass auch zu Anfang Massagen mehr leisten als Ruhepausen.

Beim rechten, nicht massirten Muskel bessert sich die Einzelleistung durch 2 Pausen von der 1. Zuckung mit 127 ^{gmm}, bis zur 21. Zuckung auf 139 ^{gmm}; beim linken massirten Muskel steigen diese Werthe von 178 auf 200 ^{gmm}. Der massirte Muskel ist zugleich viel ausdauernder geworden; er weist bei der 150. Zuckung (Fig. 6 *B* IV) noch einen Werth von 136 ^{gmm} pro Secunde auf, im Vergleich zu 71 ^{gmm} rechts (bei der 150. Curve; Fig. 6 *A* IV).

Dieser und eine ganze Reihe ebenso angestellter Versuche erweisen den Nutzen der Massage auch beim nicht ermüdeten Muskel. —

Der künstlich ödematös gemachte Muskel — durch Umschnürung des Oberschenkels mit einem nicht zu fest angezogenen Faden — lässt denselben günstigen Einfluss der Massage gegenüber einfachen Ruhepausen erkennen. Das Oedem wird (nach Lösung der Ligatur) offenbar durch die Massage besonders vortheilhaft beeinflusst. Freilich darf dieser Befund nicht ohne Weiteres auf krankhaft entstandenes Oedem übertragen werden, zumal wenn letzteres durch Herzschwäche entstanden ist. Denn in unseren Versuchen hat die normale Herzthätigkeit und Blutcirculation offenbar einen hervorragenden Antheil an dem guten Erfolge solcher Massagen.

B. Verlauf der Einzelzuckungen beim entbluteten Muskel.

Auf Taf. XVI, Figg. 7 und 8 sind die Curven zweier entbluteter Muskeln dargestellt, von denen der rechte Gastrocnemius (Fig. 7) durch Massagen erfrischt wurde, der linke nur durch Ruhepausen.

In Tabelle VI sind die Messungen dieser Curven angegeben. Massagen nach den ersten 10 und 20 Zuckungen verbessern hier auch die Leistungen des Mukels viel erheblicher als Pausen. Die Anfangsleistung wird durch die Massage von 488 ^{gmm} auf 652 und 534 ^{gmm} gesteigert; am linken Wadenmuskel durch gleich lange Pausen von 421 ^{gmm} nur auf 433 und 424 ^{gmm}.

Aber bei den späteren Zuckungen tritt ein umgekehrtes Verhalten auf. Die 150. Zuckung nach Massagen weist nur noch eine Leistung von 254 ^{gmm} pro Secunde auf, nach Pausen 335 ^{gmm}; die 300. Zuckung nach Massagen gar nur 65 ^{gmm}, nach Ruhepausen immerhin noch 233 ^{gmm}.

Tabelle VI.

(Hierzu Taf. XVI, Figg. 7 u. 8.)

Von zwei entbluteten Muskeln desselben Frosches.

1	2	3	4	5	6	7
Eingeschobene Pausen oder Massagen	Nummer der Curve	Hubhöhe in mm	Dauer der Einzelzuckung in Sec.	Crescente in Sec.	Decrescente in Sec.	Leistung pro Sec. in gmm
Rechter Gastrocnemius (Fig. 7).						
	1.	4·6	0·14	0·06	0·08	*488*
	10.	4·9	0·20	0·08	0·12	390
Massage von 5 Min.						
	11.	4·1	0·08	0·04	0·04	*652*
	20.	4·4	0·13	0·05	0·08	560
Massage von 5 Min.						
	21.	4·2	0·10	0·05	0·05	*534*
	30.	4·5	0·14	0·06	0·08	477
	150.	4·8	0·52	0·12	0·40	**254**
Massage von 10 Min.						
	151.	3·8	0·17	0·07	0·10	331
	160.	4·2	0·42	0·11	0·31	243
	300.	1·4	0·96	0·14	0·82	**64**
Linker Gastrocnemius (Fig. 8).						
	1.	3·8	0·11	0·055	0·055	*421*
	10.	4·0	0·135	0·06	0·075	424
Pause von 5 Min.						
	11.	3·9	0·12	0·055	0·065	*433*
	20.	4·2	0·155	0·075	0·08	356
Pause von 5 Min.						
	21.	4·0	0·13	0·06	0·07	*424*
	30.	4·4	0·145	0·075	0·07	373
	150.	5·0	0·25	0·095	0·155	**335**
Pause von 10 Min.						
	151.	4·6	0·20	0·09	0·11	325
	160.	5·0	0·28	0·10	0·18	318
	300.	4·4	0·50	0·12	0·38	**233**

Vergleicht man Fig. 7 IV *b* (Curven Nr. 291, 293 u. s. w.) mit Fig. 8 IV *b* (Curven 291, 293 u. s. w.), so wird dies Verhältniss auf den ersten Blick klar: die Abnahme der Leistungsfähigkeit des **entbluteten** Muskels nach Massagen gegenüber einfachen Ruhepausen.

Vielleicht ist dies so zu erklären, dass der Muskel durch die Massage schneller abstirbt. Möglich ist auch, dass durch dieselbe mit den schlechten unbrauchbaren Substanzen auch die guten Nahrungssäfte aus dem Muskel hinausgepresst werden, ohne dass andere Nahrung durch die (fehlende) Blutcirculation zugeführt werden kann.

Die Versuche bilden einen neuen Beweis dafür, dass für einen dauernden Erfolg der Massage die Erhaltung der Blutcirculation unbedingte Voraussetzung ist.

Aus all den Versuchen über den Zuckungsverlauf geht hervor, dass beim durchbluteten und beim nicht durchbluteten, frischen[1] Muskel Massage den Zuckungsverlauf, d. h. die Dauer einer einzelnen Zusammenziehung und Wiederausdehnung des Muskels wesentlich verkürzt.

So lange der Muskel noch nicht sehr angestrengt und ermüdet ist, sind sowohl nach Pausen wie nach Massagen (beim durchbluteten und beim entbluteten Muskel) die ersten Hubhöhen kleiner als die letzten vor Massage oder Pause. Erst allmählich wachsen die Hubhöhen bei weiterer Thätigkeit.

Beim nicht ermüdeten Muskel werden also die Hubhöhen durch die eigene Thätigkeit des Muskels günstiger gestaltet, als durch Pausen und Massagen, was wohl mit inneren Vorgängen in der Muskelsubstanz (den Muskelfibrillen) zusammenhängt.

Bei mit Veratrin vergifteten Fröschen hat nach Ermüdung die Massage einen erheblich grösseren Erfolg als die Pause für durchblutete Muskeln. Die Hubhöhen werden wieder höher, die Crescenten viel kürzer. Bei veratrinisirten Muskeln treten aber durch Contracturen u. s. w. complicirtere Verhältnisse ein, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

IV. Einfluss der Massage auf den Tetanus.

Kronecker und Stirling (4) haben nachgewiesen, dass für die verschiedenen Arten von Muskeln eine verschiedene Reizfrequenz nöthig ist, um Tetanus zu erzeugen. Besonders deutlich ist nach ihren Untersuchungen der Unterschied zwischen rothen und weissen Kaninchenmuskeln. Es heisst dort auf S. 13: „Der rothe Kaninchenmuskel wird durch 4 Reize in der Secunde in unvollkommenen, durch 10 Reize in ziemlich stetigen Tetanus versetzt. Der weisse Kaninchenmuskel bedarf 20 bis 30 Reize, um vollständig tetanisirt zu werden; 6 Inductionsschläge in der Secunde verhindern ihn schon, sich während der Reizperiode vollständig auszudehnen.“ Bei ermüdeten Muskeln fanden diese Autoren, dass eine noch geringere Reizfrequenz zur Erzielung des Tetanus genügte.

---

[1] Scilicet überlebenden und durch Arbeit noch nicht ermüdeten.

Bei meinen Versuchen am durchbluteten Froschmuskel sind eine ganze Anzahl verschiedener Reizfrequenzen zur Anwendung gekommen, und zwar wurden die einzelnen Muskeln theils mit $4^1/_2$ Oeffnungs-Inductionsschlägen pro Secunde gereizt, theils mit 6, $6^1/_4$, 12, $16^1/_2$ und $17^1/_2$. Die Zahl der Einzelreize, welche ein Muskel während einer Versuchsreihe erhielt, schwankte zwischen 1000 und 2880.

In einer ganzen Reihe von Fällen wurde der Muskel je 4 Stunden lang gereizt und dann jedesmal eine 8 Secunden lange Ruhepause eingeschoben.

Bei allen diesen Versuchen mit kleinerer und grösserer Reizfrequenz zeigten sich analoge Resultate, wenn Minuten lange Pausen und Massagen eingeschoben wurden. Es genügt daher, durch einen Versuch die stets ebenso auftretenden Erscheinungen zu erläutern. Die Einwirkung kürzerer und längerer Ruhepausen und die Verhältnisse bei nicht anpassender Erholung hat Rollet eingehend gewürdigt. Hier handelt es sich darum, die Wirkung der Massage in den ersten und weiteren Stadien der Ermüdung am frischen durchbluteten Muskel zu erörtern.

Der folgende Versuch wurde bei einer Reizfrequenz von 6 pro Secunde vorgenommen; der Muskel erhielt jedes Mal während einer Dauer von etwa 20 Secunden derartige maximale Oeffnungs-Inductionsschläge. Es wurden 2 Accumulatorzellen in den primären Kreis nebst einem Widerstande von 1 Ohm eingeschaltet, der Rollenabstand betrug 360 mm. Die Rotationsgeschwindigkeit der Trommel ist aus den verzeichneten Halbsecundenschwingungen einer Stimmgabel zu ersehen; eine Umdrehung erfolgte in 24 Secunden.

Der Versuch selbst ist in Taf. XVII niedergelegt; Tabelle VII giebt die weitere Erläuterung.

Taf. XVII, Fig. 1 zeigt die erste Zuckungsreihe, deren Hubhöhen in Tabelle VII, Spalte 1 theilweise berechnet sind. Man sieht, dass die ersten Einzelzuckungen noch vollständig ablaufen, jedoch wird nach jeder einzelnen Contraction die Wiederausdehnung eine immer langsamere (d. h. die Decrescente dehnt sich fortgesetzt mehr), während Anfangs die einzelnen Hubhöhen wachsen. Allmählich verfällt der Muskel in einen unvollkommenen grosszackigen Tetanus.

Die nach einer Pause von 5 Minuten (P 5′) aufgenommene Curve 2 (Taf. XVII) zeigt im Anfange wieder Einzelzuckungen, die aber schon nach der 15. sehr unvollkommenen Zuckung in clonischen, ziemlich feinzackigen Tetanus übergehen.

Die folgende Curve 3, nach 5 Minuten Massage (M 5′) gezeichnet, hat die Behendigkeit des Muskels wieder erheblich gesteigert. Die Curve ist ähnlich der 1. Curve, endigt erst nach einer grösseren Reihe von Einzelzuckungen in unvollkommenem clonischen Tetanus.

Tabelle VII.
(Hierzu Taf. XVII.)

Curve Nr.	1	2	3	8	9	10	11	12
Vorher eingeschoben:		Pause von 5 Min.	Massage von 5 Min.		Massage von 10 Min.	Pause von 12 Min.	Massage von 5 Min.	Pause von 5 Min.
1. Hubhöhe in mm	3·2	3·5	3·5	0·2	3·7	3·8	3·7	3·2
7. „ „ „	3·3	3·0	3·5	0·2	1·7	2·7	2·7	1·6
13. „ „ „	2·9	1·0	2·5	0·1	0·35	1·1	1·4	0·4
19. „ „ „	2·6	0·2	1·7	0·05	0·075	0·6	0·9	0·2
25. „ „ „	2·3	0·2	1·4	0·05	0·075	0·5	0·8	—
31. „ „ „	2·0	0·1	1·3	0·05	0·075	—	—	—
37. „ „ „	1·9	0·1	—	0·05	0·075	—	—	—
50. „ „ „	1·6	0·1	1·1	0·05	0·075	0·3	0·7	0·1
60. „ „ „	1·2	0·1	—	0·05	0·075	—	0·7	0·1
70. „ „ „	1·0	0·1	0·7	0·05	0·075	—	0·7	0·1
80. „ „ „	0·9	0·1	—	0·05	0·075	—	0·7	0·1
90. „ „ „	0·8	0·1	0·55	0·05	0·075	—	0·7	0·1
100. „ „ „	0·6	0·1	—	0·05	0·075	0·2	0·7	0·1
110. „ „ „	0·6	0·1	0·3	0·05	0·075	0·2	0·7	0·1

Von den nächsten 5 Curven ist nur die letzte, Curve 8, geschrieben worden. In Folge der Ermüdung hat die Reizfrequenz 6 pro Secunde ausgereicht, fast glatten Tetanus zu bewirken.

Eine Massage von 10 Minuten erfrischt den Muskel wieder so weit, dass er 7 bis 8 Einzelzuckungen machen kann (Curve 9), ehe er in ziemlich fein vibrirenden Tetanus verfällt.

Die lange Pause von 12 Minuten bessert seine Leistungsfähigkeit weiter (Curve 10), noch viel mehr aber die folgende kurze Massage von 5 Minuten, in Folge welcher der Muskel nach einer ganzen Reihe von Einzelzuckungen in nur unvollkommenen clonischen Tetanus mit ziemlich tiefen Einschnitten verfällt (Curve 11). Die Pause von 5 Minuten leistet wieder nur wenig (Curve 12).

Unterbricht man die Reizung des Muskels, so ist der Abfall der Curven nach Massagen steiler, als nach einfachen, gleich langen Pausen. Dies beruht auf der Verkürzung der Decrescenten durch die Massage, aus welchen dieser Abfall resultirt. —

Aehnliche Resultate erhält man, wenn man dieselbe Reizfrequenz nur kurze Zeiten, etwa je 4 Secunden, einwirken lässt; auch hier unvollkommenere, stärker eingeschnittene Tetani nach Massagen, als nach Pausen.

Wenn der Muskel durch dauernde Arbeit ermüdet ist und fast glatte Tetani bei derselben Reizfrequenz aufgetreten sind, so bewirken Pausen wie Massagen, dass dieselbe Reizfrequenz zuerst wieder nur Einzelzuckungen auslöst. Diese Einzelzuckungen sind nach Massagen zahlreicher als nach Pausen, bevor der Muskel in mehr oder minder grosszackigen Tetanus übergeht.

Selbst bei stark ermüdeten Muskeln bewirken Pausen und Massagen, dass die folgenden Tetani mit grossen Zacken anfangen, die tiefere Einschnitte zwischen sich zeigen und zahlreicher sind nach Massagen, als nach ebenso langen Pausen. —

Diese Untersuchungen ergeben demnach, dass durch die Massage aus einem ermüdeten trägeren Muskel ein flinkerer wird und demgemäss nach Kronecker und Stirling zur Erzielung des Tetanus nach Massagen eine grössere Reizfrequenz nothwendig ist als vorher, oder als nach gleich langen Pausen.

Beim entbluteten Muskel bewirkt Massage im Stadium der Ermüdung ebenfalls, dass darnach der Tetanus zunächst einzelne grössere Zacken zeigt. Durch Ruhepausen erreicht man Aehnliches, aber in viel schwächerer Ausprägung.

Dies wurde bei einer ganzen Reihe von Versuchen mit Reizfrequenzen von 3, $4^1/_2$, 9, 12 und 15 pro Secunde stets beobachtet.

V. Latenzzeit.

Verschiedene Versuche bezweckten, festzustellen, ob die Latenzzeit des Muskels bei Ermüdung durch Massage verkürzt wird.

Bei schnellstem Gange der Trommel des Myographions nahm ich nach 200 bis 300 Zuckungen eine Curve auf, liess die Trommel dann bei abgehobenem Schreibhebel weiter rotiren, massirte den Muskel einige Minuten hindurch und schrieb dann wieder auf dieselbe Abscisse eine Curve. Der Reiz erfolgte ja durch den Reizkranz stets in derselben Ordinate.

Es zeigte sich, dass der Fusspunkt der ersten 2 bis 3 Curven nach Massagen deutlich früher fiel, als vorher. Obgleich aber bei etwa 10 Versuchen annähernd gleiche Resultate (etwa 0·005 Secunden Differenz) erhalten wurden, bin ich doch nicht überzeugt, dass es gelungen ist, alle Fehlerquellen der Untersuchung sicher auszuschliessen; zumal da Tigerstedt (30) die ganze mechanische Latenzdauer nur auf 0·004 bis 0·006 Secunden angiebt. Die Möglichkeit einer Verkürzung der Latenzzeit durch Massage liegt vor. Erwiesen ist sie durch meine Versuche nicht.

VI. Reizbarkeit des Muskels.

Oefters traten nach Massagen auch bei den Schliessungs-Inductionsschlägen kleine Zuckungen auf, während vorher dieselben Schläge zu schwach gewesen waren, um Contractionen auszulösen. Diese Erscheinung wurde wiederholt beobachtet, gelegentlich auch nach Ruhepausen. In einigen Fällen musste deshalb nach Massagen die Secundärspirale von der primären entfernt werden, in einem Falle von 250 mm auf 270 mm. Das wurde so gedeutet, dass durch Massage die Reizbarkeit des Muskels gesteigert wurde, da nach dieser schon schwächere elektrische Schläge genügten, um eine Zuckung auszulösen. Diese Auffassung möchte ich aufrecht erhalten, trotzdem sie im Widerspruche mit einer Notiz von Zabludowsky[1] steht.

Zum Schlusse soll noch erwähnt werden, dass es nach obigen Untersuchungen nicht wahrscheinlich ist, dass sich der Werth der Massage für den Muskel mit der Beförderung von unbrauchbar gewordenen Substanzen [Dissimilationsproducten nach Hering (32)] in die Blutbahn erschöpft. Die Versuche am entbluteten Muskel zeigen vielmehr, dass eine directe Einwirkung auf die contractile Substanz noch ausserdem stattfinden muss, eine Einwirkung auf die inneren Vorgänge im Muskel (Assimilirung und Dissimilirung).

Maggiora (5) sagt: „Es muss nicht angenommen werden, dass die Massage deshalb günstig wirkt, weil sie aus dem Muskel die durch die Contraction entstandenen schadhaften Producte entfernt, denn wir sehen, dass sich die Energie des Muskels auch dann steigert, wenn derselbe früher nicht ermüdet wurde.“ Dass die Massage auch auf den nicht ermüdeten Muskel günstig wirkt, zeigt eine ganze Reihe obiger Versuche.

---

[1] Litt. 2.; daselbst S. 7.

Litteraturverzeichniss.

1. Landerer, *Mechanotherapie* (Handbuch). Leipzig 1894.

2. Zabludowsky, Die Bedeutung der Massage für die Chirurgie und deren physiologische Grundlagen. Langenbeck's *Archiv.* 1883. Bd. XXIX. — Dasselbe: *Centralblatt für die medicin. Wissensch.* 1883. Nr. 14.

3. Derselbe, Physiologische Wirkungen der Massage u. s. w. Langenbeck's *Archiv.* 1885. Bd. XXXI.

4. Kronecker und Stirling, Die Genesis des Tetanus. *Dies Archiv.* 1878. Physiol. Abthlg.

5. Maggiora, Ueber die Gesetze der Ermüdung. *Ebenda.* 1890. Physiol. Abthlg.

6. Derselbe, Contributo allo studio dell' azione fisiologica del massagio. *Giornale della R. Soc. Ital. d'Igiene.* Milano 1890. Vol. XII. Nr. 11/12. (Vorläufige Mittheilung zu 7.)

7. Derselbe, Untersuchungen über die Wirkung der Massage auf die Muskeln des Menschen. *Archiv für Hygiene.* 1892. Bd. XV. S. 141.

8. Derselbe, Dasselbe. *Arch. per le scienze medichi.* Vol. XV. Nr. 4.

9. Derselbe, Dasselbe. *Arch. italiennes de biologie.* Vol. XVI. Nr. 2 u. 3.

10. Bendix, Einfluss der Massage auf den Stoffwechsel des gesunden Menschen. *Zeitschrift für klinische Medicin.* Bd. XXV. S. 303.

11. Gopadse, Einfluss der Massage auf den Stickstoffwechsel und die Assimilation des Stickstoffs der Nahrung. *Dissert.* St. Petersburg 1886.

12. Keller, Einfluss der Massage auf den Stoffwechsel des gesunden Menschen. *Corresp. Schweizer Aerzte.* 1889. Bd. XIX. S. 393.

13. Dunlop, Tuton, Stockmann and Maccadam, *Journal of Physiology.* Vol. XXII. p. 67.

14. Bum, Einfluss der Massage auf die Nierensecretion. *Anzeiger der Gesellschaft der Aerzte in Wien.* 1887. S. 57.

15. Derselbe, Ueber den Einfluss der Massage auf die Harnsecretion. *Zeitschrift für klinische Medicin.* 1889. Bd. XV. S. 248.

16. Leber und Stüve, Ueber den Einfluss der Muskel- und Bauchmassage auf den respiratorischen Gaswechsel. *Berliner klin. Wochenschrift.* Bd. XXXIII. Nr. 16.

17. Edgecombe and W. Bain, *Journal of Physiology.* Vol. XXIV. p. 48.

18. Colombo, Physiologische Wirkung der Massage. *Clinica moderna.* Ref. in *Münchener med. Wochenschrift.* 1900. S. 909.

19. Eccles, Die Wirkung der Massage auf die Körpertemperatur. Referirt in *Allgem. med. Centralzeitung.* 1888. S. 1450. Vgl. *The Practitioner.* 1887. p. 401.

20. Lucas-Championnère, *Le massage etc.* Paris 1889.

21. Castex, Étude clinique et expérimentale sur le massage. *Archives générales de médecine.* 1891. p. 278.

22. Krukenberg, *Lehrbuch der mechanischen Heilmethoden.* Stuttgart 1896.

23. Engelmann, Das rhythmische Polyrheotom. Pflüger's *Archiv.* 1892. Bd. LII. S. 603.

24. Rollet, Ueber die Veränderlichkeit des Zuckungsverlaufes quergestreifter Muskeln bei fortgesetzter periodischer Erregung und bei der Erholung nach derselben. *Ebenda.* 1896. Bd. LXIV. S. 507.

25. Funke, Ueber den Einfluss der Ermüdung auf den zeitlichen Verlauf der Muskelthätigkeit. *Ebenda.* 1874. Bd. VIII.

26. Helmholtz, *Archiv für Anatomie und Physiologie.* Jahrg. 1850 u. 1852.

27. Engelmann, Das Princip der gemeinschaftlichen Strecke. Pflüger's *Archiv.* Bd. LII. S. 592.

28. Volkmann, Die Ermüdungsverhältnisse der Muskeln. *Ebenda.* Bd. III. S. 374.

29. Bowditch, Ueber die Eigenthümlichkeiten der Reizbarkeit, welche die Muskelfasern des Herzens zeigen. *Berichte d. sächs. Akad.* 1871. Math.-phys. Classe.

30. Tigerstedt, *Dies Archiv.* 1885. Physiol. Abthlg. Suppl.

31. Biedermann, *Elektrophysiologie.* Jena 1895. Bd. I.

32. E. Hering, *Lotos.* 1889. N. F. Bd. IX. S. 36.

Erklärung der Abbildungen.

(Taf. XVI u. XVII.)

Tafel XVI.

Fig. 1. Entbluteter Muskel. Vom Nerven aus maximal gereizt, alle Secunden. Nach den ersten 10 Zuckungen eine Ruhepause von 5 Min. (*P* 5′); nach den Zuckungen 11 bis 20 Massage des Muskels, Dauer 5 Min. (*M* 5′); dann 100 Zuckungen hinter einander (davon 50 Curven ausgelassen). Treppe beachten und Verkleinerung der Hubhöhen nach Pausen und Massage!

Fig. 2. Durchblutet. Vom Nerven aus alle 2 Secunden maximal gereizt. Curven Nr. 650 bis 750 geschrieben. Dazwischen 4 Minuten Massage eingeschoben. Die ersten Hubhöhen darnach sind hoch, die nächsten kleiner, die folgenden wieder höher.

Fig. 3. Anderer Versuch, ähnlich wie in Fig. 2. Curven Nr. 340 bis 403.

Figg. 4 u. 5. Durchblutet. Verlauf der Zuckungen. Die einzelnen „Bänder" der Zuckungen enthalten meist je 5 Zuckungscurven, und zwar:

Band	I	enthält	die	1., 3., 5., 7. u. 9.	Zuckung,		
„	II	„	„	101., 103., 105., 107. u. 109.	Zuckung,		
„	III	„	„	201.	bis	210.	Zuckung,
„	IV*a*	„	„	301.	„	310.	„
„	IV*b*	„	„	401.	„	410.	„
„	V*a*	„	„	411.	„	420.	„
„	V*b*	„	„	511.	„	520.	„
„	VI*a*	„	„	521.	„	530.	„
„	VI*b*	„	„	621.	„	630.	„

Band	VII*a*	enthält die	631.	bis	640.	Zuckung,
„	VII*b*	„ „	731.	„	740.	„
„	VIII	„ „	741.	„	750.	„
„	IX*a*	„ „	841.	„	850.	„
„	IX*b*	„ „	941.	„	950.	„
„	X	„ „	951.	„	960.	„
„	XI	„ „	961.	„	970.	„
„	XII*a*	„ „	1061.	„	1070.	„
„	XII*b*	„ „	1161.	„	1170.	„
„	XIII	„ „	1171.	„	1180.	„
„	XIV	„ „	1181.	„	1190.	„
„	XV*a*	„ „	1281.	„	1290.	„
„	XV*b*	„ „	1381.	„	1390.	„
„	XVI	„ „	1391.	„	1400.	„
„	XVII	„ „	1401.	„	1420.	„

P = Pause. *M* = Massage. 5′ = 5 Minuten.

Fig. 6. Vergleichende Curven zweier durchbluteter Muskeln, von denen der eine in 6*A* nur durch Ruhepausen (*P*) sich erholt hat, der andere in 6*B* durch ebenso lange dauernde Massagen (*M*). Bei beiden bedeutet:

Band	I	= Curve	1	bis	10
„	II	= „	11	„	20
„	III	= „	21	„	30
„	IV	= „	141	„	150
„	V	= „	151	„	160.

Figg. 7 u. 8. Vergleichende Curven zweier entbluteter Muskeln. Der Muskel in Fig. 7 hat sich durch Ruhepausen erholt, der in Fig. 8 durch ebenso lange Massagen. In beiden Figuren entspricht:

Band	I	den Curven	1	bis	10	
„	II	„ „	11	„	20	
„	III*a*	„ „	21	„	30	
„	III*b*	„ „	141	„	150	
„	IV*a*	„ „	151	„	160	
„	IV*b*	„ „	291	„	300	(bezw. 295).

Tafel XVII.

Zuckungsreihen am durchbluteten Muskel. 6 Reize pro Secunde. Dauer etwa 20 Secunden. Pausen und Massagen eingeschoben (vgl. *P* und *M*).

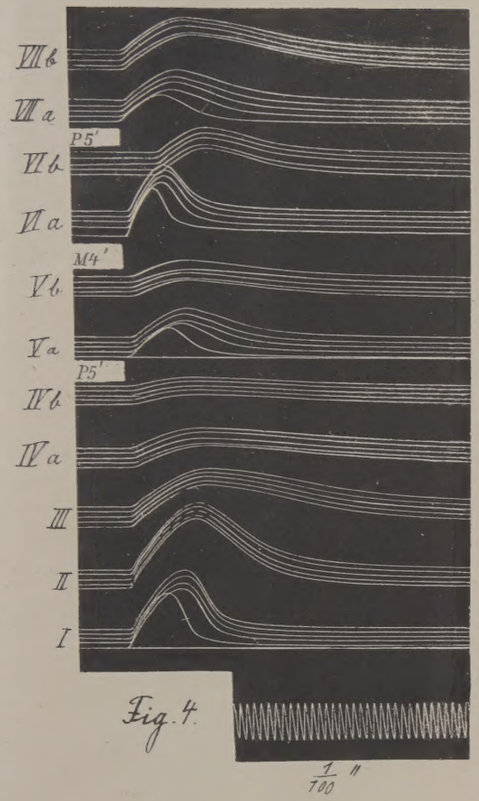


Fig. 4.

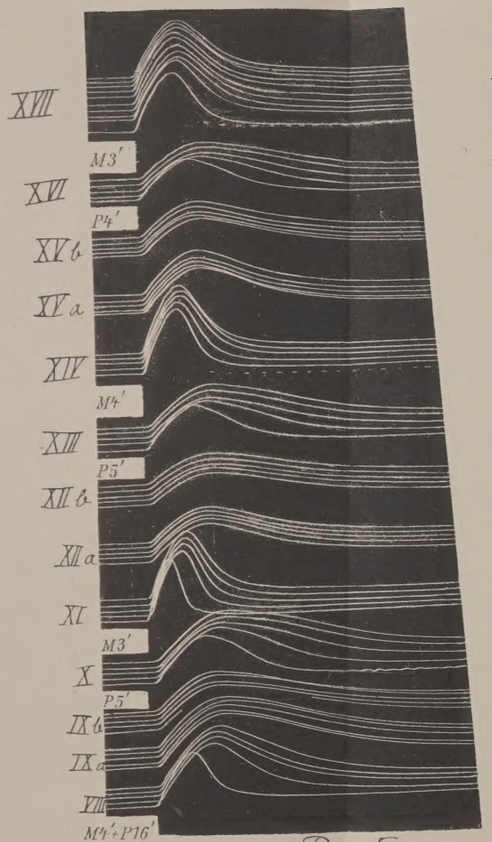


Fig. 5.

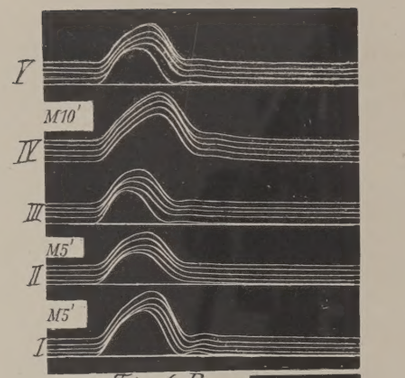


Fig. 6 B.

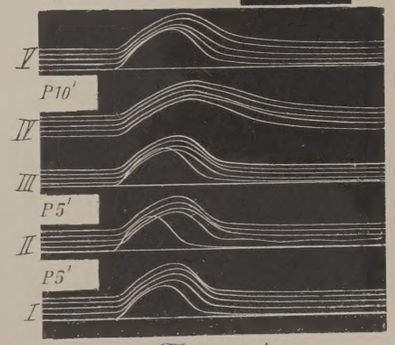


Fig. 6 A.

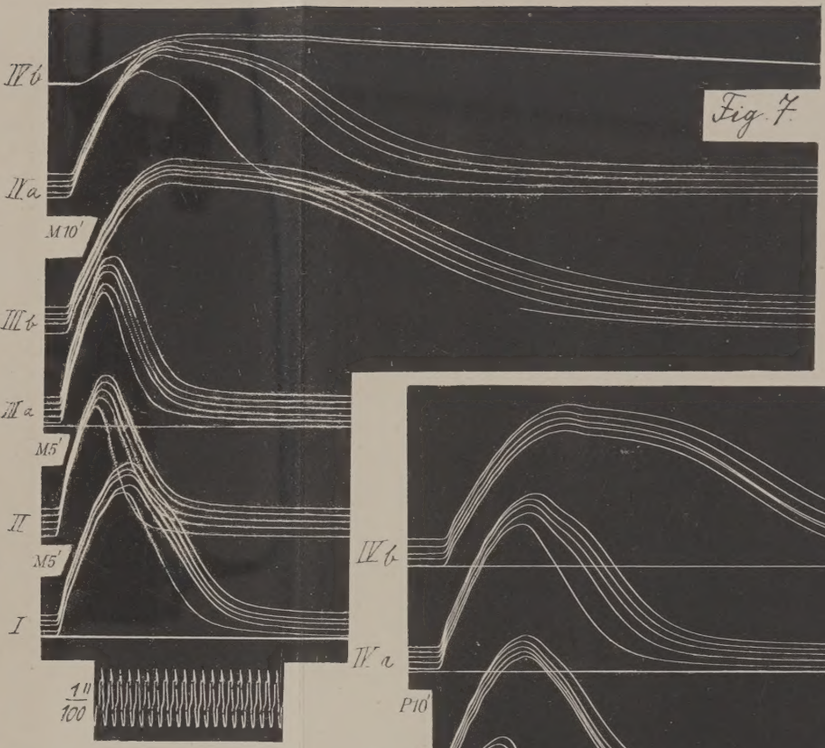


Fig. 7.

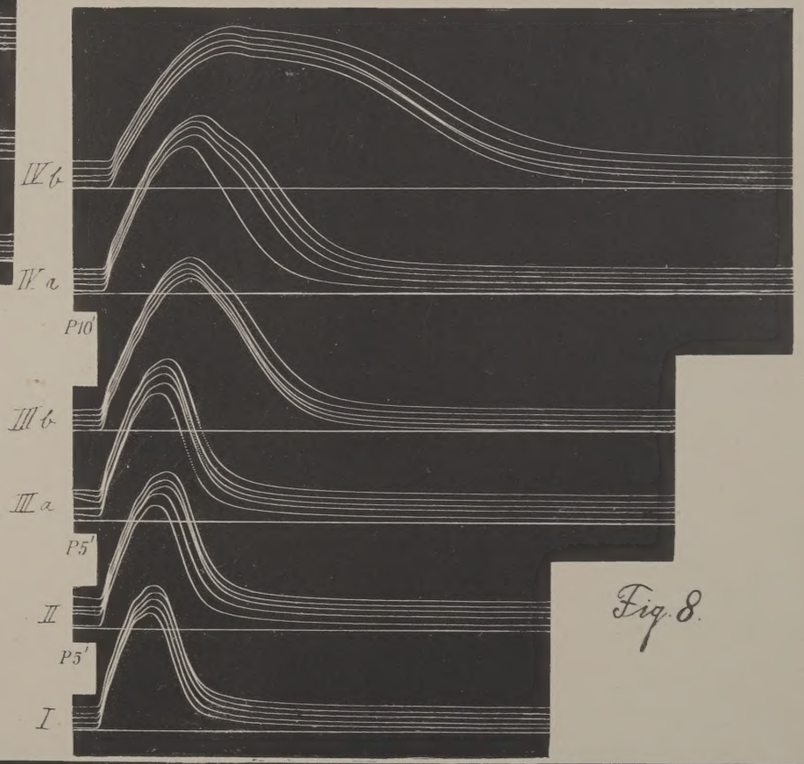


Fig. 8.

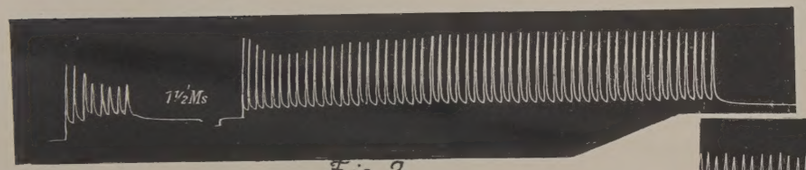


Fig. 3.

Fig. 2.

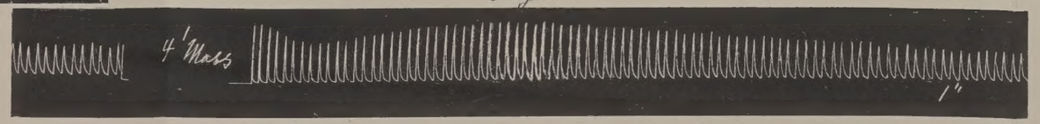
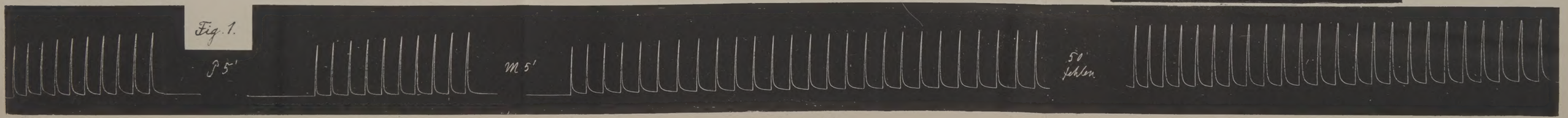
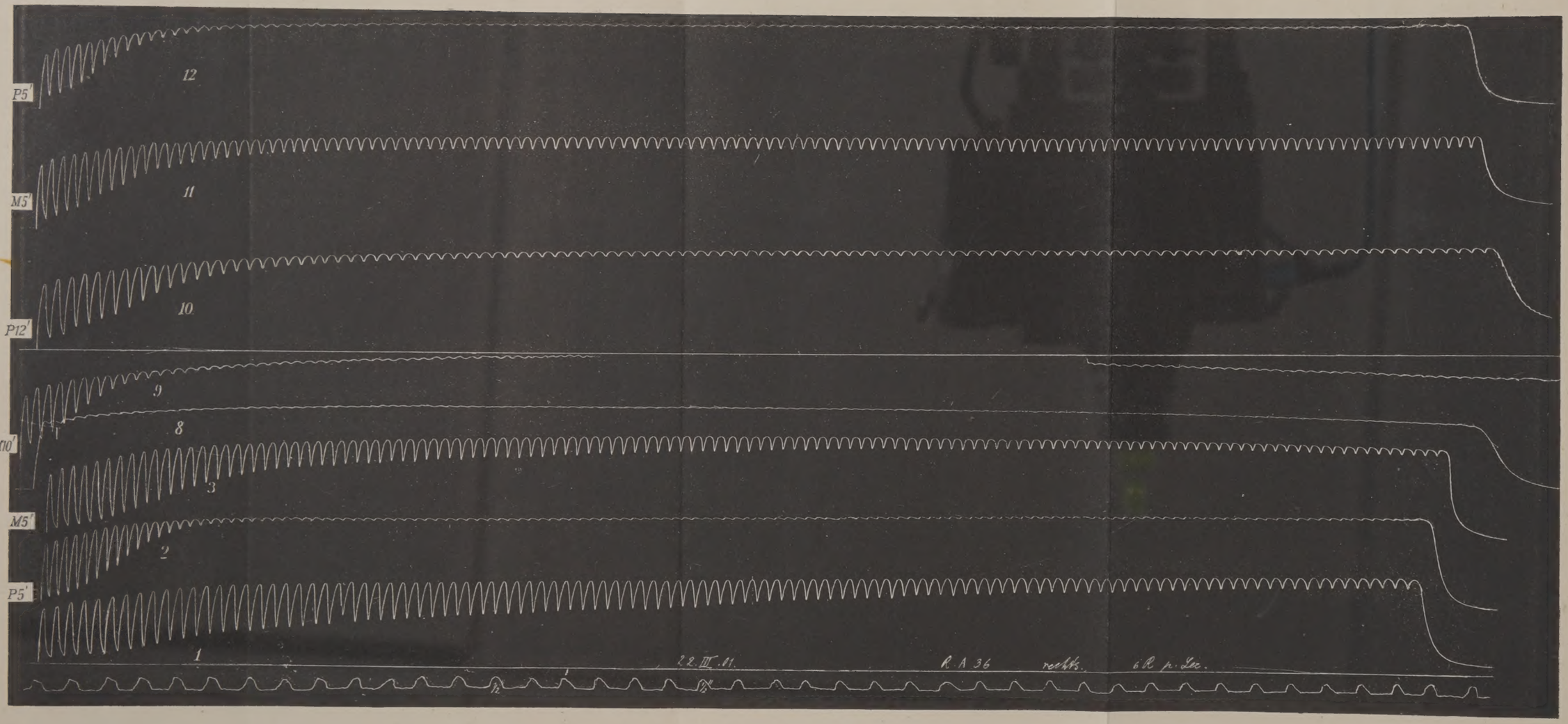


Fig. 1.





Verlag Veit & Comp. Leipzig.

Lith. Anst. v. E. A. Funke Leipzig.

Archiv für Anatomie und Physiologie.

Fortsetzung des von **Reil, Reil** und **Autenrieth, J. F. Meckel, Joh. Müller, Reichert** und **du Bois-Reymond** herausgegebenen Archives.

Herausgegeben von

Dr. Wilh. His, Prof. der Anatomie an der Universität Leipzig, und **Dr. Th. W. Engelmann,** Prof. der Physiologie an der Universität Berlin.

Vom „**Archiv für Anatomie und Physiologie**“ erscheinen jährlich 12 Hefte in gr. 8 in eleganter Ausstattung mit Abbildungen im Text und Tafeln. 6 Hefte davon entfallen auf den anatomischen und 6 auf den physiologischen Theil.

Der Preis des Jahrganges ist 54 ℳ.

Auf die **anatomische** Abtheilung (Archiv für Anatomie und Entwickelungsgeschichte, herausgegeben von W. His) kann ebenso wie auf die **physiologische** Abtheilung (Archiv für Physiologie, herausgegeben von Th. W. Engelmann) **separat** abonnirt werden. Der Preis der anatomischen Abtheilung beträgt für Einzelbezug 40 ℳ, der Preis der physiologischen Abtheilung 26 ℳ.

Skandinavisches Archiv für Physiologie.

Herausgegeben von

Dr. Robert Tigerstedt,

o. ö. Professor der Physiologie an der Universität Helsingfors.

Das „Skandinavische Archiv für Physiologie“ erscheint in Heften. 5—6 Hefte bilden einen Band. Der Preis des Bandes beträgt 22 ℳ.

Neurologisches Centralblatt.

Übersicht der Leistungen auf dem Gebiete der Anatomie, Physiologie, Pathologie und Therapie des Nervensystems einschliesslich der Geisteskrankheiten.

Herausgegeben von

Prof. Dr. E. Mendel in Berlin.

Monatlich erscheinen zwei Hefte. Preis des Jahrganges 24 ℳ. Gegen Einsendung des Abonnementspreises von 24 ℳ direct an die Verlagsbuchhandlung erfolgt regelmässige Zusendung unter Streifband nach dem In- und Auslande.

Centralblatt für praktische Augenheilkunde.

Herausgegeben von

Prof. Dr. J. Hirschberg in **Berlin.**

Preis des Jahrganges (12 Hefte) 12 ℳ; bei Zusendung unter Streifband direkt von der Verlagsbuchhandlung 12 ℳ 80 ₰.

Dermatologisches Centralblatt.

Internationale Rundschau auf dem Gebiete der Haut- und Geschlechtskrankheiten.

Herausgegeben von

Dr. Max Joseph in **Berlin.**

Monatlich erscheint eine Nummer. Preis des Jahrganges, der vom October des einen bis zum September des folgenden Jahres läuft, 12 ℳ. Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes, sowie direct von der Verlagsbuchhandlung.

Zeitschrift für Hygiene und Infectionskrankheiten.

Herausgegeben von

Dr. R. Koch, Geh. Medicinalrath und Director des Institutes für Infectionskrankheiten zu Berlin, und **Dr. C. Flügge,** o. ö. Professor und Director des hygienischen Institutes der Universität Breslau.

Die „*Zeitschrift für Hygiene und Infectionskrankheiten*“ erscheint in zwanglosen Heften. Die Verpflichtung zur Abnahme erstreckt sich auf einen Band im durchschnittlichen Umfang von 30—35 Druckbogen mit Tafeln; einzelne Hefte sind nicht käuflich.